

Separation and Extraction of Valuable Compounds from Non-Ferrous Minerals by Means of Mechanical Refining Methods(**機械的精製法に よる非鉄金属鉱物からの有価物の分離と抽出**)

著者	Cruz Sanchez Ezequiel
号	1732
発行年	1996
URL	http://hdl.handle.net/10097/10539

氏 名	クルス サンチェス エセキエル Cruz Sanchez Ezequiel
授 与 学 位	博 士 (工 学)
学 位 授 与 年 月 日	平成 9 年 2 月 12 日
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学位規則第 4 条第 2 項
最 終 学 歴	昭和 60 年 3 月 メキシコ国立工業大学金属工学科卒業
学 位 論 文 題 目	Separation and Extraction of Valuable Compounds from Non-Ferrous Minerals by Means of Mechanical Refining Methods (機械的精製法による非鉄金属鉱物からの有価物の分離と抽出)
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 齋藤 文良 東北大学教授 千田 信 東北大学教授 早稲田嘉夫 東北大学教授 梅津 良昭

論 文 内 容 要 旨

非鉄金属鉱物は含有する有価金属の種類と他の元素の賦存状態によって異なる化合物を形成しており、したがって、同一元素含有鉱物でも多くの種類がある。これらの鉱物は、脈石と称する不純物を含み、これを如何にして分離するかが、その後の金属抽出操作の効率向上を図る上で重要な鍵となる。特に、近年の処理工程では、環境汚染物質の排出防止が必須であり、かかる物質の選鉱段階からの分離除去が必要である。一方、選鉱処理後の精鉱から非鉄金属を濃縮する工業的操作の内、湿式法は、酸ないしはアルカリ水溶液を抽出溶媒として、比較的室温に近い温度で精鉱から目的成分を分離する手法であり、処理工程の汎用性、利便性、経済性等の利点を持つ。最近の材料開発研究の分野では、用いる素材にはより高純度であることが要求され、それを達成する上で、高温・高濃度下での操作など、処理条件が以前にも増して厳しくなりつつある。それに伴い、一方で、鉱物処理時ならびに処理後に排出される副産物が、環境汚染物質となる恐れが多く、これを解決するための技術開発が急務となっている。

このような背景から、本研究では、主要な非鉄金属鉱物として、亜鉛硫化鉱、タルク、ニッケル・マグネシウム鉱、黄銅鉱に着目し、それらの鉱石の品位向上と有価物の湿式処理による抽出率向上に関する検討を行った。すなわち、まず、亜鉛硫化鉱に対するヒ素化合物の分離に磁気分離法を適用し、分離後の磁着物と非磁着物中の亜鉛と砒素の分布について検討した。次いで、鉱石の前処理工程としての粉碎操作時に発現するメカノケミカル効果を利用して、タルクやガーニエライト鉱から選択的にマグネシウムやニッケルを酸浸出することを試みた。更に、粉碎操作によって発現する機械的活性と抽出助剤を併用して、黄銅鉱からの銅の酸浸出を試みた。

第1章では、非鉄金属の中で、亜鉛、マグネシウム、ニッケル、銅を含有する金属鉱物を対象として、既往の前処理工程として用いられてきた機械的処理法を述べて、鉱石の粉碎において発現するメカノケミカル効果の利用を指摘した。その上で、精鉱の湿式処理における粉碎操作と浸出助剤の効果との併用による目的成分の分離の可能性について概説すると共に、本研究の意義と目的を要約した。

第2章では、亜鉛硫化鉱を対象として、含有する不純物としてのヒ素化合物をフランク型磁力選別機によって分離除去すると共に、亜鉛品位の向上のための操作因子について検討した。供給粒度を調整し、分離場の磁界を2000Oe~10000

Oeの範囲で変化させ、乾式分離した結果、ヒ素化合物は非磁着物として回収され、磁着物中のヒ素化合物品位は0.04%まで減少できること、また、非磁着物は供給試料の8.3%であり、そのヒ素品位は0.96%となることを明らかにした。このことは全ヒ素化合物の約63%が分離除去できることを示唆し、環境負荷の少ない前処理プロセスが確立できることを示した。また、亜鉛は磁着物として回収でき、その重量割合と品位はそれぞれ48.5%、66.9%となり、亜鉛回収率が約96%にも達することを明らかにした。

第3章では、タルク中のマグネシウムを選択的に室温で酸浸出する手法を提案した。この手法は、2つのステップから構成されており、第1ステップはタルクの粉碎による結晶構造の無定形化プロセスである。タルクの結晶構造はマグネシウムを中心とする8面体構造のシートがシリコンを中心とする4面体構造のシートによって狭み込まれた構造にあるが、粉碎するとマグネシウムのシート構造が変化することを示した。第2のステップは塩酸並びに硫酸による室温（非加熱）でのマグネシウム抽出プロセスである。第1ステップでシリカのシート構造が変化せず、マグネシウム周りの環境構造が変化することから、第2ステップでは選択的にマグネシウムが浸出可能となることを明らかにした。

第4章では、第3章での結果を踏まえ、タルクと類似の構造を有する低品位ニッケル・マグネシウム鉱（ガーニエライト）を対象として、機械的に活性化させた同鉱石粉体からのマグネシウムやニッケルなどの酸浸出率向上について実験的に検討した。ガーニエライトの長時間粉碎では結晶構造が無定形化し、非加熱での酸浸出過程では、ニッケルやマグネシウムの浸出率が急激に向上することを明らかにした。しかしながら、同時に、シリカや鉄も浸出されるが、これら元素の浸出率を抑制するには、短時間粉碎することが重要であり、その時間の目安は、鉱石の比表面積が最大となる粉碎時間であることを明確にした。

第5章では、黄銅鉱からの銅の酸浸出率向上のための新しい湿式処理プロセスを提案した。この処理プロセスは、2つのステップから構成されており、第1ステップは、黄銅鉱の粉碎工程であり、第2ステップは、粉碎産物の鉄粉共存下での加温（333K）した塩酸中における銅浸出工程である。第1ステップでは鉱石の機械的活性化の向上が認められた。また、第2ステップでは、浸出助剤として鉄粉を用いた理由を明らかにし、鉱石に対しては、適宜な粉碎処理を施すことによって100%に近い高い銅浸出率が達成できることを明らかにした。2つのステップでの結果より、適宜な粉碎処理の目安は、機械的活性が向上して微粒子凝集が顕著になる直前の、比表面積が最大となる粉碎条件であることを明確にした。また、鉄粉の酸中での役割として、溶解した Fe^{2+} が溶存する酸素などによって Fe^{3+} へと酸化され、それが鉱石から溶出した S^{2-} や HS^- と反応し、硫黄をバルク中に析出させ、鉱石表面に付着させないことが高い銅浸出率達成に寄与したものと考察している。なお、酸浸出工程での反応機構を明らかにし、発生する硫化水素の処理が重要であることを述べている。

第6章では、第5章での結果を踏まえ、硫化水素の発生しない新しい黄銅鉱湿式処理プロセスを提案した。このプロセスは、鉱石の粉碎処理工程と、ヘマタイト共存下での鉱石からの銅の僅かな加温（333K）状態での酸浸出工程の2つのステップから構成されている。特に浸出工程においては、ヘマタイトを浸出助剤として用いることによって100%に近い銅浸出率が達成できることを明確にした。また、その理由として、酸中でのヘマタイトの溶解によって生じる Fe^{3+} が鉱石の溶解で生じる S^{2-} や HS^- とバルクで反応して硫黄を鉱石表面で生成させないことにより、硫化水素などの有害な気体の発生もなく高い銅浸出率が達成できることを実験的に確認した。粉碎並びに酸浸出工程での結果より、粉碎処理も重要であり、最適な粉碎条件は第5章で得られた結果と同様、比表面積が最大となる条件であることを明確にした。

第7章は、結論であり、本研究課題である機械的精製法を利用した非鉄金属鉱物からの有価物の分離と抽出に関して得られた結果を総括した。

審 査 結 果 の 要 旨

粉碎やそれに伴って発現するメカノケミカル効果を本格的に物質分離に利用するには、粉体精製工学の進歩が不可欠である。本論文は、種々の非鉄金属鉱物を対象として機械的精製法を利用して、環境負荷物質の分離除去と有価物の新しい選択的溶媒抽出法を提案し、分離効率と機構を明らかにしたものであり、全編7章よりなる。

第1章では、関連する既往の研究を概説し、本論文の意義と目的及び内容構成について記述している。

第2章では、亜鉛硫化鉱を対象として、磁気分離法により環境負荷物質であるヒ素化合物の除去と亜鉛品位の向上のための磁気分離操作因子について検討している。ヒ素化合物は非磁着物中に濃集され、また、亜鉛は磁着物中に濃集されることを明確にしている。その結果、磁着物中の亜鉛回収率は約96%に達し、環境負荷の少ない前処理プロセスが確立できることを示している。

第3章では、タルクからマグネシウム (Mg) を選択的に非加熱で酸抽出する手法を提案している。この手法では、結晶構造を構成するシリコン (Si) を中心とする4面体構造は粉碎によっても変化しないが、Mgを中心とする8面体構造が選択的に無定形化するので、この違いが粉碎処理後の酸浸出過程で、Siの抽出を抑制し、Mgのみを選択的に抽出可能にする理由であることを明らかにしている。

第4章では、タルクと類似の結晶構造を有する低品位ニッケル・マグネシウム鉱 (ガーニエライト) を対象として、粉碎により活性化した鉱石粉体からマグネシウム (Mg) とニッケル (Ni) を選択的に非加熱で酸抽出する手法を提案している。酸浸出過程では不純物として含有するシリカ (Si) や鉄 (Fe) も浸出されるが、Mg及びNiの相対的な浸出率を向上させるには、鉱石に対する粉碎処理時間を短時間とすることが有効であることを明らかにしている。

第5章では、黄銅鉱からの銅の塩酸による浸出率向上を目指し、粉碎処理と湿式処理法とを組み合わせた新しいプロセスを提案している。この処理プロセスでは、黄銅鉱の適度な粉碎処理が不可欠であり、また、鉄粉共存下で酸浸出することが重要であることを示し、100%近い高い銅浸出率が達成できることを明らかにしている。鉄粉共存下では硫黄が鉱石表面に析出しないことが高い銅浸出率達成を可能にすることを明確にしているが、浸出初期には硫化水素ガスが発生し、注意を要することを指摘している。

第6章では、第5章での結果を踏まえ、黄銅鉱からの銅の塩酸浸出において、硫化水素ガス発生のない新しい浸出助剤としてヘマタイトが有効であることを述べている。鉱石の適度な粉碎処理が不可欠であり、その後の酸浸出においてはヘマタイト共存下で100%近い高い銅浸出率が達成できることを明らかにしている。また、その場合の酸浸出過程では、鉱石とヘマタイトの溶解が液相中での硫黄の析出反応を促進するが、その析出が鉱石表面でなく、バルク中で行われることが銅浸出率向上に貢献していることを明確にしている。

第7章では、総括であり、本研究の成果をまとめ展望を述べている。

以上、要するに本論文は機械的精製法を利用して非鉄金属鉱物から有価物あるいは環境負荷物質を選択的に、高収率で分離・抽出する手法を提案し、分離収率と機構を明確にしたものであり、地球工学、粉体精製工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として合格と認める。